

Representación de las posiciones relativas de la Tierra y el Sol, según el sistema de Copérnico, en "Harmonia Macrocosmica", de Cellari (Amsterdam, 1661).

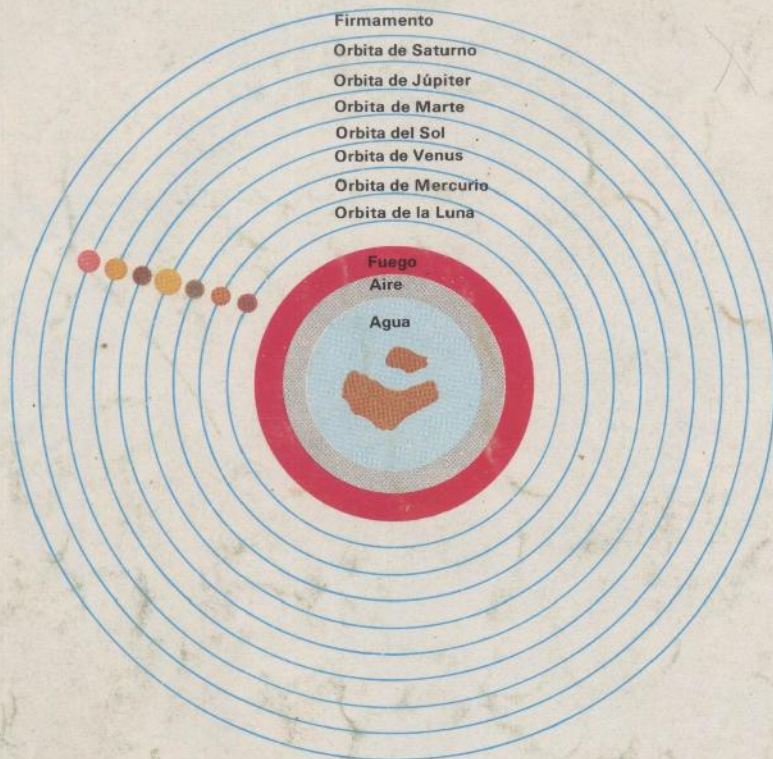
# Copérnico, Kepler y Galileo

De todas las ciencias de la antigüedad, la astronomía fue la única que durante la Edad Media se conservó y aun perfeccionó, porque la cultivaron por necesidad navegantes y peregrinos. Las *Tablas* de Tolomeo, síntesis de la ciencia antigua en astronomía, fueron aumentadas por los árabes y "reeditadas" por Alfonso el Sabio. Eran listas de posiciones de estrellas que servían para ubicar los lugares donde se encontraban los viajeros. En

cuanto a estrellas fijas, poco había que añadir a la compilación de Tolomeo; pero los planetas, con sus movimientos erráticos en la inmensidad del espacio, fueron un enigma para los astrónomos antiguos y continuaban siéndolo al terminar la Edad Media. El haberlos hecho dioses, el haberles dado a cada uno un cielo aparte y bien destacado de la gran bóveda esférica donde estaban todos los demás astros, no explicaba los capricho-

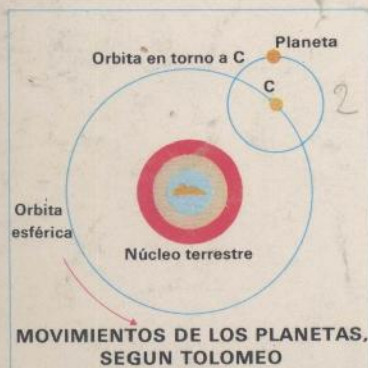


## EL COSMOS DE TOLOMEO, SEGUN UN ESQUEMA MEDIEVAL



*Para Tolomeo y la ciencia astronómica griega en general, el Universo es limitado y esférico. Su centro es la Tierra, plana e inmóvil, alrededor de la cual giran los planetas. Es un Universo dividido en dos grandes zonas: el mundo supralunar y el mundo sublunar. En el supralunar, dominio de los astros, la materia fundamental es el éter y no está sometida a ninguna alteración; estos astros se mueven por sí mismos con movimiento regular, perfecto, esférico. El mundo sublunar es todo lo contrario; aquí reina el cambio, la imperfección, la muerte. Los elementos que lo forman, variables y no eternos, son: el fuego, el aire, la tierra y el agua, dispuestos de arriba abajo según su pesadez; la tierra, lo más pesado, se halla en lo bajo.*

*El movimiento de los planetas, según Tolomeo, alrededor de la Tierra y, al mismo tiempo, alrededor de un punto C de su órbita.*



sos desplazamientos de los planetas. A veces parecían retroceder, nunca seguían con uniformidad el giro regular y eterno de las estrellas fijas.

Convencido Tolomeo de que la Tierra era el centro del sistema planetario, trató de explicar la aparente retrogradación de los planetas suponiendo que no sólo se movían regularmente alrededor de la Tierra, sino que además iban girando alrededor de cada punto de su órbita, a la que llamó "deferente". Todos los planetas, según él, además del de rotación alrededor de la Tierra, tenían un movimiento secundario alrededor de un punto C de su órbita. Al espectador desde la Tierra el continuo bailar de los planetas hacía la ilusión de que iban retrocediendo en su camino, porque el movimiento alrededor del punto C era más rápido que el del planeta alrededor de la Tierra. Esta explica-

ción tenía sólo el inconveniente de que no se conformaba con la realidad.

La solución no podía venir mientras se persistiera en creer al sistema planetario geocéntrico, es decir, con la Tierra en el centro; en cambio, el vagar de los planetas quedaba explicado con sólo hacer el mismo sistema planetario heliocéntrico, esto es, con el Sol en el centro. Tal simple enunciación es la gloria de Copérnico. Este, además, es digno de la gloria asociada a su descubrimiento por la gran convicción con que lo expuso. Recientemente se ha comprobado que ya en la antigüedad Aristarco de Samos y Arquímedes sospecharon que el Sol era el centro del sistema planetario, y hasta se atrevieron a anticipar esta teoría. Pero ninguno de los dos persistió eficazmente en el sistema heliocéntrico. Los escritos que se han conservado de Aristarco de Samos son geocéntricos, y Arquímedes, que es quien nos transmite la inclinación de Aristarco por el sistema heliocéntrico, no parece tampoco muy entusiasta de aquella hipótesis de su predecesor. En cambio, Copérnico fue un verdadero convencido de su sistema, en el cual figuraba el Sol en el centro del universo en lugar de la Tierra, que quedaba como un planeta.

Nicolás Copérnico nació en el año 1473 en Thorn, pequeña ciudad de la Polonia septentrional. Era hijo de un mercader acomodado, que pudo darle una excelente y esmerada educación. Estudió primero en la universidad de Cracovia; después pasó a Bolonia, con intención de especializarse en derecho canónico. Pero en la universidad de Bolonia entonces enseñaba matemáticas Domenico Maria Novara, quien tenía un interés poco común por la astronomía. Copérnico, animado por Novara, se sintió más dispuesto a estudiar las *Tablas* de Tolomeo que las *Decretales* de Penyafort. El año 1500, Copérnico pasó a Roma por la conveniencia de celebrar el jubileo y asistir a las lecciones de un astrónomo de Königsberg, Johann Müller. Como Königsberg quiere decir *montaña real*, Müller se hacía llamar simplemente Juan Regiomontanus, y así, su nombre no parecía tan exótico a las gentes de Italia. Müller se tomó gran interés por Copérnico, que era casi su compatriota, y con su ayuda fue nombrado Copérnico profesor de matemáticas en la Sapienza o universidad romana.

La noticia de esta honra concedida a Copérnico en Roma hizo que el obispo de Ermeland invitara a Copérnico a regresar a su patria, ofreciéndole una canonjía en la catedral de Frauenburg. Hay que añadir que el obispo era hermano de la madre de Copérnico y, por lo tanto, el futuro canónigo podía esperar otras ventajas aceptando la invitación de su tío. Con todo, Copérnico, acaso

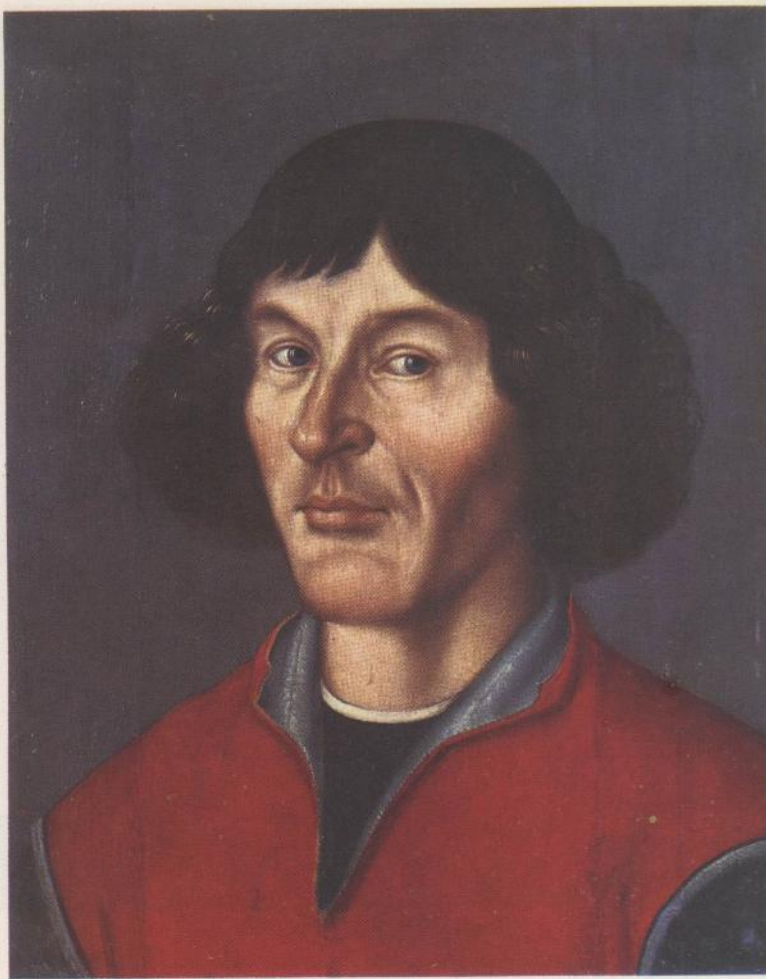


*Nicolás Copérnico, según retrato de un maestro pomerano desconocido (Museo de Torún).*

temiendo que, una vez de regreso en su país, le sería difícil volver a Italia, donde estaban los maestros de su ramo, se quedó aún en Padua otro par de años con la excusa de estudiar la medicina en aquella escuela.

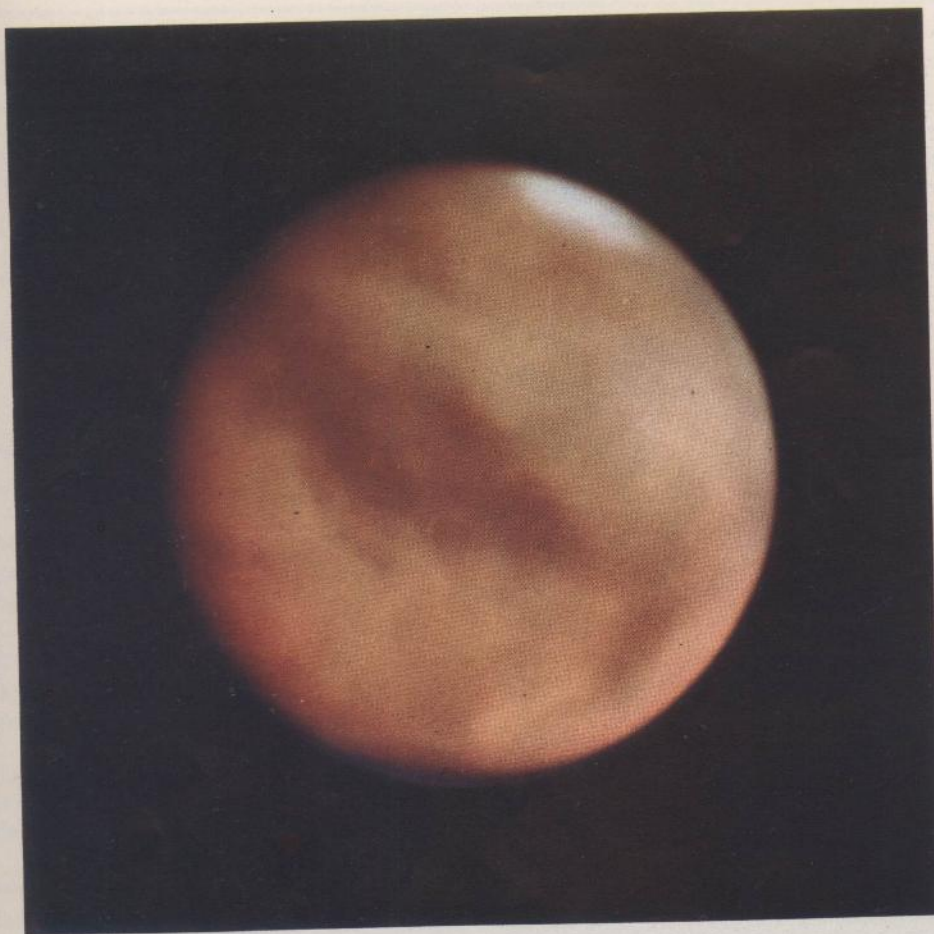
Por fin, el año 1505, entró decididamente al servicio del obispo, su tío, no como astrónomo, sino como médico de cámara. Esta posición le atrajo envidias, y los primeros años que pasó en el palacio episcopal no fueron tan felices como pudiera esperar. Los detalles de la vida de Copérnico se nos han conservado en una sola biografía que escribió su discípulo Rheticus, y éste asegura que, no obstante los celos de otros domésticos, Copérnico consiguió hacerse respetar y aun esmar en el palacio episcopal por su pacífica modestia y evidente superioridad como hombre de estudios.

En su tranquila existencia de canónigo continuaba incesantemente sus estudios astronómicos. Como no se habían inventado todavía los telescopios, observaba las estrellas a través de unas rendijas practicadas en las paredes de su casa. Convenientemente



*Las nuevas enseñanzas científicas no se iban a desarrollar en las universidades. Las universidades europeas se dedicaban preferentemente al cultivo del humanismo literario y artístico, y, además, en el terreno científico dominaban en ellas, de forma casi absoluta, las teorías aristotélico-tomistas. En el siglo XVI, no obstante, algunas universidades italianas, Nuremberg en Alemania, Basilea, etc., acogieron en sus cátedras a algunos científicos importantes: Galileo, Regiomontano. Muy pronto, sin embargo, las universidades se escindieron en protestantes y reformadas y católicas y contrarreformistas y se entabló entre ellas una lucha ideológico-política que alejó definitivamente de sus aulas la preocupación por la ciencia.*





El planeta Marte, cuya observación dio a Copérnico los primeros atisbos de que el Sol ocupaba el centro de nuestro sistema planetario y sirvió a Kepler para que enunciara dos de sus célebres leyes.

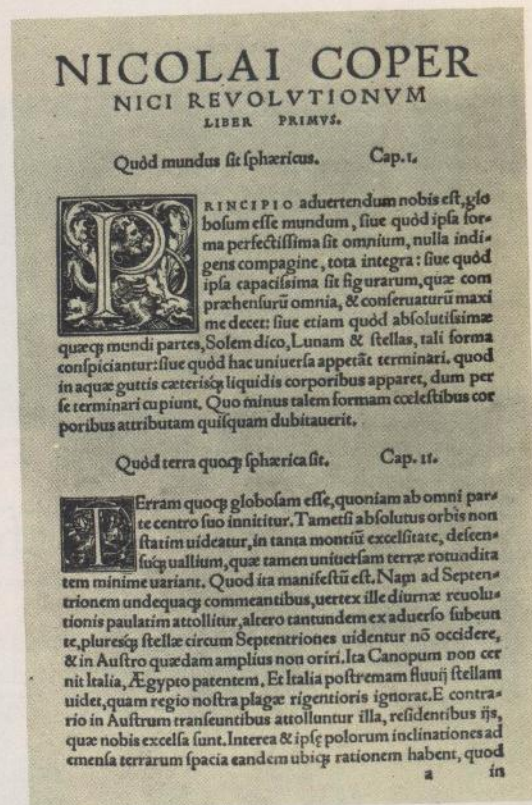
colocado dentro de la habitación, espiaba el "tránsito" o paso de cada estrella por el meridiano, al divisarla por la rendija. La "altura" o ángulo sobre el horizonte la medía con un simple cuadrante. Con estos primitivos y deficientes métodos de observación, invirtió Copérnico casi cuarenta años para observar lo que un astrónomo moderno provisto de un telescopio ecuatorial puede observar en una noche.

A pesar de su laboriosidad, no hubiera pasado de comprobar y perfeccionar, con mejores observaciones, los tránsitos y alturas de las *Tablas* de Tolomeo y de Alfonso el Sabio. La gloria de Copérnico fue el resultado de su impaciencia por los movimientos erráticos de los planetas de que hemos hablado antes. Estudió detenidamente el curso de Marte, con sus variaciones en magnitud y brillo, y se convenció de que no podían provenir de un movimiento alrededor de la Tierra, aunque fuese del tipo irregular propuesto por Tolomeo. Recordaba, por otra parte, la olvidada y al parecer fantástica doctrina heliocéntrica de Aristarco de Samos y, recapacitando sobre el problema que le ofrecían los cambios de brillo y magnitud de Marte, pudo comprender que no había otro remedio que aceptar aquella al parecer disparatada

y peligrosa solución. La convicción de Copérnico de que el Sol, y no la Tierra, era el centro del sistema planetario y, por tanto, del universo, estaba en contradicción con Aristóteles, parecía predecir un conflicto con los que tomarían a la letra las Sagradas Escrituras, y, sobre todo, era opuesta a la sempiterna experiencia diaria de ver al Sol moverse por la bóveda de los cielos mientras la Tierra parecía inmóvil.

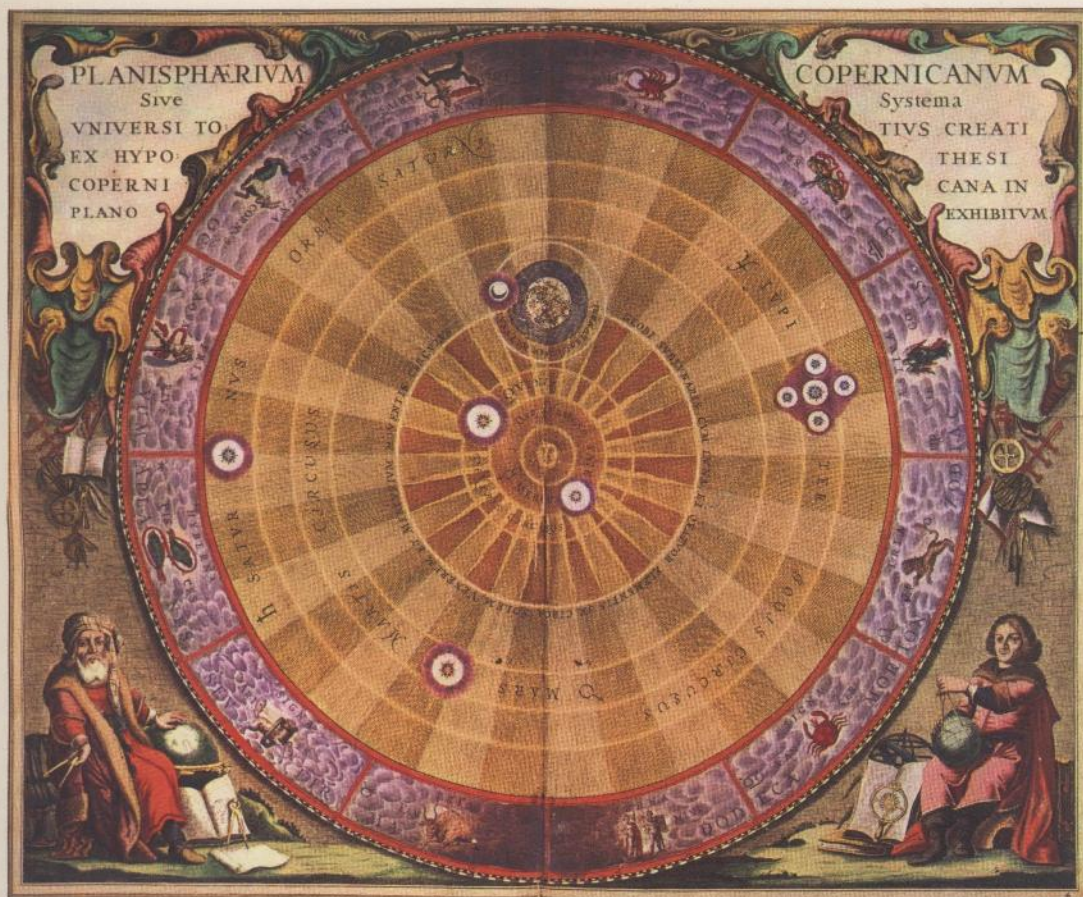
Sin embargo, sometió otros planetas a la misma prueba que Marte, y viendo que sus movimientos aparentes se explicaban con el sistema heliocéntrico, sin más tardanza compiló sus observaciones y teorías en un libro que tituló *De Revolutionibus Orbium coelestium*. Es un libro de ciencia, en el que se contienen no sólo teorías, sino también pruebas.

Tal era la seguridad y confianza con que Copérnico lanzaba la nueva doctrina, que la carta dedicatoria de su libro al papa Paulo III acaba con este arriesgadísimo párrafo: "Si algún ignorante de las ciencias matemáticas se atreve a reprobar este libro porque contradice algún pasaje de la Sagrada Escritura, que ha miserablemente interpretado en contra nuestra, le desprecio y ni tan sólo paro atención a su juicio. Lo que he escrito aquí, lo someto principalmente a Vuestra Santi-



Primera página de la obra de Copérnico "De revolutionibus...", impresa en Nuremberg en 1543.





Planisferio con la exposición gráfica de la teoría de Copérnico. Ilustración de la "Harmonia Macrocosmica" de Cellari.

dad y después al juicio de los entendidos en matemáticas... Y paso en seguida a la materia de mi estudio".

Este párrafo no hubiera podido escribirse medio siglo más tarde sin desencadenar las iras del Santo Oficio. Pero hasta en aquel momento era peligroso. Por fortuna, Copérnico en Polonia estaba algo protegido por la distancia; además, cuando se imprimió su libro había llegado a las postrimerías. Rheticus, que se había encargado de cuidar de la impresión del manuscrito en Nuremberg, al regresar con el tratado impreso encontró a Copérnico agonizando.

En contraste con la vida sin azares ni privaciones de Copérnico puede ponerse la de su continuador Johannes Kepler. Era alemán, nacido en Weil, Württemberg, en el año 1571, veinticinco después de la muerte de Copérnico. Tanto su padre como su madre, los dos de buena familia, eran neuróticos y manirroto. Para mayor desgracia, Kepler, a la edad de cuatro años, sufrió un grave acceso de viruelas que le dañaron en gran manera los ojos. Parece que lo último en que hubiera debido pensar Kepler era en dedicarse a la astronomía. Y, sin embargo, acaso esas mismas dificultades fueron un estímulo para él; sin duda alguna, la pobreza

de visión le facilitó el concentrarse para imaginar soluciones geométricas.

Toda la vida de Kepler fue una continua tragedia. Sus primeros estudios fueron posibles sólo porque en la joven Alemania protestante había un gran entusiasmo por la educación y abundaban las becas para muchachos algo excepcionales como aparentaba ser Kepler. El mismo nos comunica que, siendo estudiante, sentía grandes deseos "de examinar la naturaleza de los cielos, de las almas, de los genios; la esencia del fuego, el origen de las fuentes, el ascenso y descenso de las mareas, la forma de los continentes y de los mares". Así que se hubo graduado en la universidad de Tübinga, fue nombrado profesor de matemáticas y astronomía en Gratz. Estaba dotada esta plaza con un sueldo mezquino; pero, además de dar lecciones, Kepler tenía que preparar cada año un almanaque y en él incluía predicciones que a veces resultaban acertadas. Esto le dio ocasión de ganar dinero, redactando horóscopos de magnates que fiaban en él como astrólogo. La poca fe que ponía el propio Kepler en sus horóscopos se refleja en algunos dichos suyos que se han conservado: "Madre Astronomía moriría de hambre si hermana Astrología no ganara el pan...", pero, al mis-

*Copérnico no es un científico moderno, pues no basó su teoría en observaciones propias ni se apoyó en hechos demostrables. No cree, como los modernos, en un Universo infinito, sino que acepta el Cosmos limitado y esférico de los griegos. Cree, como ellos, que las órbitas de los planetas son sólidas y que el movimiento esférico es el del Universo, "porque es el movimiento más perfecto". Tiene intuiciones geniales, que no demuestra, como que la Tierra gira sobre sí misma "porque el cuerpo redondo engendra naturalmente el movimiento" o que no hay diferencia esencial entre Tierra y astros "porque no hay seres viles en el Universo". Pero tiene sobre todo una idea que enuncia con convicción: la organización del Universo responde a un orden matemático.*





## LEONARDO DE VINCI Y LA CIENCIA EXPERIMENTAL

Leonardo de Vinci ha pasado a la historia como prototipo del humanista de vocación universal por su dedicación a empresas aparentemente tan diversas como el arte y la ciencia. Sus logros artísticos han asegurado el interés de la posteridad por todo lo relativo al gran pintor. El primer contacto con sus manuscritos, unido a una visión muy convencional y escasamente informada tanto de los progresos del saber científico como de la especulación teórica del Renacimiento, había inducido a acentuar el carácter del pintor italiano como "precursor" de la técnica y de la ciencia modernas. En efecto, los cuadernos encierran ideas y proyectos que sólo se han confirmado y realizado posteriormente, y esto ha bastado para atribuirlos enteramente al genio de Leonardo, sin preguntarse acerca de las fuentes de su pensamiento. El "mito" leonardesco ha sido estudiado por Duhem, quien ha descubierto que no se trata de un milagro al poner de relieve la existencia de numerosas discusiones sobre la física aristotélica y sobre las teorías acerca del cielo en las universidades europeas desde el siglo XIV. No por ello se debe creer que el nacimiento de la

ciencia moderna ha de colocarse en el marco de las universidades del 1300, pues los límites de tales discusiones son bien claros: como pertenecientes a la última escolástica medieval, su carácter es excesivamente abstracto y apartado de la realidad y se revela incapaz para generar una nueva ciencia. Esta nacerá no de un conflicto entre teorías elaboradas al margen de la experiencia o confiando en la experiencia de los griegos, sino de la pugna entre teorías y experiencia.

En este terreno se halla Leonardo más ligado a la nueva ciencia: la base de las observaciones científicas —dejando aparte las "teorías" que reflejan las discusiones de la época—, que se extienden a todas las ramas del estudio de los fenómenos naturales, tanto a la anatomía, a la zoología, a la botánica y a la geología, como a los problemas matemáticos o de mecánica, es una creencia profunda en el valor de la experiencia y de la observación directa. Si Leonardo es superior a la mayoría de sus contemporáneos es precisamente porque él "ha visto" realmente el cuerpo humano, los animales, las rocas. Ahora bien, no debe pensarse que ha sido el único hombre del siglo XV que ha lle-

gado a esa fase; en todo caso, no es más que el exponente de una nueva posición intelectual.

En cuanto a la doble vocación, científica y artística, del personaje, no lo es si pensamos en lo que para él era la pintura. Para Leonardo de Vinci, la pintura es una ciencia, ya que está basada sobre la perspectiva matemática y el estudio de la naturaleza; la pintura de Leonardo no pretende ser subjetiva, sino una reproducción objetiva de la naturaleza. Es decir, el experimento científico de Leonardo no es sino el camino para edificar una ciencia llamada pintura.

De hecho, todo ello se halla en relación con la lucha mantenida por los artistas del Renacimiento para elevarse en la escala social. Antes de Leonardo, la pintura era considerada labor artesana —trabajo inferior en la estructura mental del feudalismo, que se intentaba superar—; Leonardo pretende, no tanto la valorización de la experiencia y del trabajo artesano en general, como la promoción individual de la pintura al nivel de las artes liberales.

R. G.

mo tiempo, deja comprender con tales sentencias que necesitaba de la astrología para poder vivir.

Kepler unía a su agudeza para el cálculo una imaginación desbocada. Ya hemos expuesto ideas de su adolescencia que demuestran su carácter. Pero en 1596, cuando todavía no era más que un maestro en Gratz y no había cumplido los veinticinco años, se lanzó a publicar un libro con el ambicioso y descomunal título de *Prodromus dissertationum cosmographicarum continens mysterium cosmographicum de admirabili proportione coelestium orbium*, etc. Este primer libro de Kepler es copernicano; el Sol está en el centro del sistema planetario. En él el autor añade que va a hablar de tres cosas que ha investigado detenidamente con el mayor celo y cuidado, a saber: el número, las distancias y los movimientos de los cuerpos celestes. Pero pronto recae en su incorregible fantasía y observa que los planetas eran sólo cinco, y como había sólo cinco cuerpos geométricos regulares, era indudable que debía de haber una razón divina, causa de esta igualdad o concordancia. Y sin otro fundamento que el del "debe de haber" se lanza Kepler a formular una teoría para explicar la relación entre los cuerpos geométricos y los astros. "La Tierra es la esfera —dice—; circunscribiendo a esta esfera un dodecaedro, la órbita de Marte es-

tará en otra esfera que inscriba a aquél. A su vez, sobre la esfera de Marte inscribiremos un tetraedro, y la esfera que incluye a éste contendrá la órbita de Júpiter. A éste seguirá un cubo, y por la esfera que lo incluye viajará Saturno..." ; Qué disparate!... Con todo, Kepler dice que gozó con "su descubrimiento": "No me dolió el tiempo empleado en mis trabajos, ni los días y las noches pasados haciendo cálculos", etc.

He aquí, pues, al hombre: un fantástico, un imaginativo; parecía destinado a ser un incurable formulador de hipótesis, de horóscopos sobre el curso de los astros, más arriesgados que los de las vidas de los hombres. Pero el mismo año en que Kepler publicaba su *Prodromus*, entraba en relaciones con un observador metódico, quien pronto debía enseñarle que hay más posibilidades de acierto interpretando razonablemente los fenómenos que lanzándose a fantasear sobre los principios metafísicos. Este ordenador juicioso de la imaginación de Kepler fue el astrónomo danés Tycho Brahe. "No construyáis una Cosmografía fundada en abstractas especulaciones —le decía—; basadla en los sólidos cimientos de la observación y desde allí ascended gradualmente para averiguar las causas."

De familia ilustrísima y educación esmerada, Tycho Brahe había sido protegido por



Anverso de una moneda de plata del papa Paulo III, a quien Copérnico dedicó su obra "*De revolutionibus orbis coelestium*" (Gabinete Numismático de Cataluña, Barcelona).



Federico II de Dinamarca, aficionado a la astronomía. El rey había cedido a Tycho Brahe una pequeña isla en el Báltico, donde, alejado del bullicio, pudiera entregarse por completo a sus observaciones estelares. La munificencia real proveyó también a Tycho Brahe de recursos para construir en la isla una torre-observatorio, que llamó pomposamente *Uraniborg*, o castillo de los cielos. Allí, en Uraniborg, desde el año de 1576 hasta el de 1596, Tycho Brahe no cesó de ir compilando observaciones astronómicas. Al revés de Kepler, el imaginativo, Tycho Brahe, el sensato, no pretendió descubrir el misterio del cosmos y hasta dejó pasar el sistema de Copérnico sin prestarle gran atención. Tycho Brahe se había hecho para su uso particular una mezcla de las teorías de Tolomeo y de Copérnico que no merece que nos detengamos a explicarla. En cambio, durante varios años, valiéndose de los instrumentos de la época, y con su terquedad para repetir las observaciones, Tycho Brahe compiló en Uraniborg millares de datos que después sirvieron a Kepler para formular sus famosas leyes. Por esto es tan importante la fecha del año 1599, en la que aquellos dos genios, que se completaban mutuamente, comenzaron a trabajar asociados. Al querellarse Tycho Brahe con el hijo de Federico II, abandonó Uraniborg y se fue a instalar en Praga, porque había encontrado en el emperador Rodolfo otro protector que le ayudara a continuar sus observaciones astronómicas. Tycho Brahe llamó a Kepler a Praga, procurándole



*Johannes Kepler, según un grabado de la época.*

un sueldo como matemático imperial. Ambos, Tycho Brahe y Kepler, llevarían a término la compilación de observaciones estelares de Uraniborg que se llamarían *Tablas Rudolfinas*.

La asociación de Tycho Brahe y Kepler duró poco más de un año. En 1601, Tycho

*Panorámica de Praga, adonde acudió Kepler llamado por Tycho Brahe y donde compilaron sus "Tablas Rudolfinas".*







*Tycho Brahe según grabado de la Biblioteca Nacional de París.*

Brahe moría casi de repente. Corto fue, en verdad, el tiempo que Tycho Brahe pudo influir personalmente sobre el espíritu de Kepler, pero le había dado un ejemplo de perseverancia no desprovista de ingenio y le dejó, sobre todo, el tesoro de sus notas, acumuladas año tras año en Uraniborg. Con ellas trabajó Kepler, sin negar su procedencia, y hasta cumpliendo fielmente el encargo de Tycho Brahe, publicó sus *Tablas Rudolfinas*. ¡Qué devoción de amigo y de discípulo! Cuando Kepler se lanzó a la costosísima empresa de editar las *Tablas* de Tycho Brahe, volvía a encontrarse en la mayor miseria. Su sueldo de matemático imperial no lo había percibido hacía algunos años; se le debían 8.000 coronas, que nunca cobró. Kepler se había casado, tenía varios hijos; tuvo, pues, que aceptar un cargo de profesor en la insignificante universidad de Linz. Se ha supuesto que el dinero para pagar la edición de las *Tablas* hubo de ganarlo Kepler haciendo horóscopos. El resultado fue la aparición de las *Tablas Rudolfinas* en el año 1627. Kepler moría de fatiga, angustia y

## LA ASTRONOMIA RENACENTISTA

El progreso de la astronomía renacentista es sorprendente por lo complejo. No se trata de una evolución continua y que progresa de modo sistemático en busca de la nueva ciencia. Es un avance sensacional y por saltos bruscos, cuya lógica interna se nos escapa casi siempre. En todo caso, en el fondo de los astrónomos alienta un movimiento de rebeldía antiaristotélico y el prurito de escapar al "magister dixit" apoyándose, muchas veces, en autoridades de la antigüedad o del medievo cuyas doctrinas contradecían a Aristóteles. Este, por ejemplo, opinaba que los cometas pertenecían al mundo sublunar y corruptible. En cambio, Tycho Brahe —y exactamente al mismo tiempo, si no antes, el catedrático de astronomía de Valencia Jerónimo Muñoz—, estudiando la nova de 1572 (que en algunos textos se cree que es cometa, dado que no está situada en el plano de la eclíptica), llega a la conclusión de que se encuentra más allá de la Luna, dado lo ínfimo de la paralaje.

Pero esta comprobación científica tiene unas bases ideológicas remotas que en modo alguno se intenta disimular: Séneca, quien había ya predicho que nacería algún hombre capaz de explicar las trayec-

torias de los cometas, tan distintas a las de los planetas; Albumazar, autor árabe del siglo IX y famosísimo en el XVI como astrólogo, de quien se dice que observó un cometa situado más allá de Venus y, por tanto, en el mundo celeste. En los libros de Albumazar es donde Jerónimo Muñoz (traducido inmediatamente al francés y resumido al latín fuera de España) busca la explicación del fenómeno cósmico y la encuentra. "Hecho estudio en Albumazar de *Magnis coniunctionibus*, hallé que dice que la conjunción de Marte y Saturno en sus exaltaciones causan muchas estrellas: no sólo la corporal, pero aun la conjunción de los rayos dellós. Y había sido la conjunción corporal dellós a 7 días de agosto y habiendo aspecto sextil dellós a los 11 días 22 horas de noviembre, estando Saturno en Escorpión, casa de Marte, y Marte estando en Capricornio, casa de Saturno y exaltación de Marte, me pareció que este cometa comenzó a hacerse a los 11 días 22 horas de noviembre", fecha que, casualmente, es la que nos indica Tycho Brahe como la de la primera observación. Claro que las conclusiones que los autores extraen de los hechos observados no son las mismas. Jerónimo Mu-

ñoz, en la dedicatoria de su libro a Felipe II y en el cuerpo del mismo, reiterará con machaconería que el "cometa" (o sea la *nova*) está en el cielo, más allá del Sol y, por consiguiente, que en el mundo trans-lunar existe corrupción y alteración, lo mismo que en el mundo sublunar; que los movimientos de los astros no son inalterables desde el momento en que la longitud del año disminuye paulatinamente. Es un ataque en regla al Estagirita. En cambio, Tycho Brahe, tomando pie en sus observaciones del cometa de 1577, pensará en la posibilidad de que el nuevo cuerpo celeste recorra una órbita elíptica y sea, en consecuencia, uno de los primeros astrónomos que abandonó la explicación de los movimientos celestes mediante círculos o combinaciones de círculos.

Esta imbricación de lo viejo con lo nuevo se encuentra en casi todos los científicos: Copérnico no sabe deshacerse de la vetusta teoría de la trepidación y Galileo escribe, antes de la utilización del anteojo, una cosmografía que en nada desmerece de las de tipo más tradicional.

J. V.



miseria en noviembre de 1630. Había ido a Praga, inútilmente, para tratar de cobrar sus 8.000 coronas y regresó con un resfriado que acabó con su vida. Sus restos mortales fueron enterrados en la iglesia de San Pedro de Ratisbona.

Sería impropio de este libro referir los esfuerzos gigantescos de Kepler para explicar las perturbaciones en el movimiento de los planetas. Kepler publicó muchísimo: la edición de sus obras completas, impresas como homenaje nacional por los alemanes en el año 1883, consta de nueve volúmenes infolio. Debemos limitarnos a citar aquellas en que aparecían por primera vez enunciadas las leyes de nuestro sistema planetario. Dos de las tres leyes que han dado fama inmortal a Kepler aparecieron en un *Tratado de movimientos del planeta Marte*, publicado en Heidelberg en el año 1609. El título exacto de esta obra capital para la ciencia es el de *Astronomia Nova, seu Physica coelestis tractata commentariis de motibus stellarum Martis*. La tercera ley no la reveló hasta nueve años más tarde; aparece en un volumen hoy rarísimo que se publicó en Linz con el título de *Harmonices Mundi*.

La imaginación de Kepler no le fue por completo perjudicial, pues le sirvió para generalizar lo que había probado que ocurría con Marte. Kepler conocía sólo cinco planetas y no tenía observaciones suficientes sino para Marte. Con todo, se lanzó a formular leyes generales que no se pudieron confirmar hasta mucho más tarde. Y he aquí las famosas leyes de Kepler:

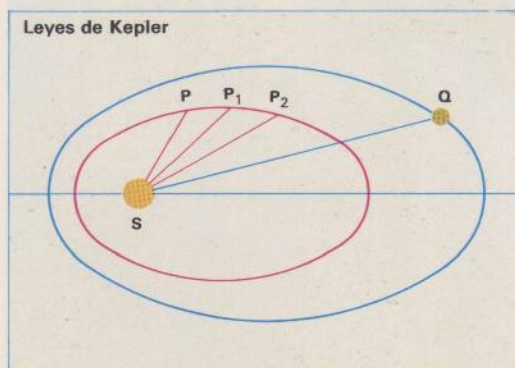
1.<sup>a</sup> Los planetas describen órbitas elípticas alrededor del Sol y éste se halla en un foco de las elipses.

2.<sup>a</sup> Las líneas imaginarias  $SP$ ,  $SQ$  que van del Sol a cada planeta recorren espacios iguales en el mismo tiempo.

3.<sup>a</sup> El cuadrado del tiempo que emplea un planeta en girar alrededor del Sol es proporcional al cubo de su distancia media al Sol.

Supongamos que  $P$  y  $Q$  son dos planetas y  $S$  es el Sol. Primera ley:  $S$ , el Sol, está en un punto que es foco de las órbitas y éstas son elipses. Segunda ley: los triángulos  $PSP_1$  y  $P_1SP_2$  son iguales si el tiempo que ha empleado el planeta para pasar de  $P$  a  $P_1$  es igual al tiempo que ha empleado para pasar de  $P_1$  a  $P_2$ . Tercera ley: los cuadrados de los tiempos que emplean  $P$  y  $Q$  en recorrer sus órbitas son proporcionales a los cubos de las distancias medias de estos planetas al Sol. El extraordinario estilo literario de Kepler, que ya hemos admirado en su primer libro, reaparece en sus últimos escritos.

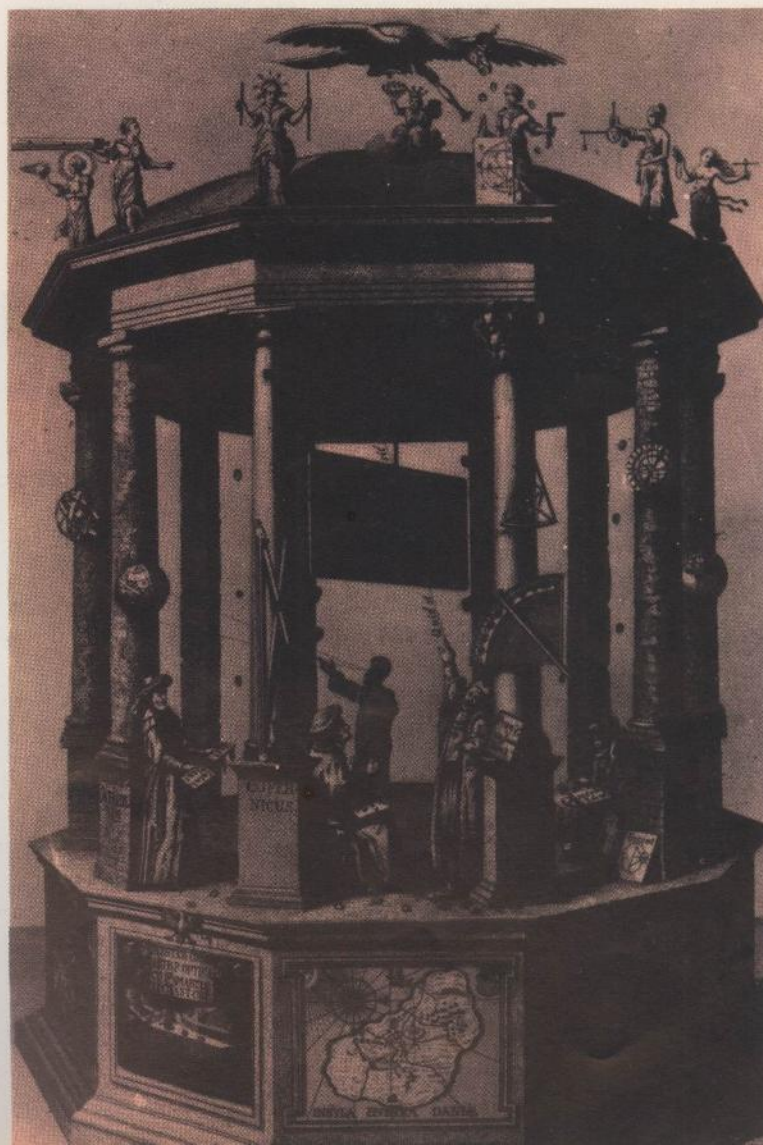
Lea el lector y admire estos párrafos del *Harmonices Mundi*: "Lo que profeticé hace



**Las leyes de Kepler:** 1. El Sol está en un foco de las elipses de las órbitas. – 2. El radio  $SP$  recorre espacios iguales en tiempos iguales, esto es,  $PSP_1 = P_1SP_2$ . Los cuadrados del tiempo que emplean  $P$  y  $Q$  en girar alrededor de  $S$  son proporcionales a los cubos de las distancias medias de  $PS$  y  $QS$ .

veintidós años, cuando descubrí las relaciones de los cinco cuerpos geométricos regulares y los cuerpos celestes, por fin lo he conseguido. Para lograrlo fui a reunirme con Tycho Brahe, en Praga, y he dedicado la mayor parte de mi vida a las observaciones astronómicas. Pero hace sólo dieciocho meses que el primer rayo de luz iluminó mi mente; fue sólo hace tres meses cuando empecé a verlo claro, y sólo hace pocos días que la verdad entera brilla para mí. Nadie puede ya detenerme. He triunfado, llevando

Portada de la primera edición de las "Tablas Rudolfinas", compiladas por Tycho Brahe y publicadas por Kepler. El templete con la bóveda de los cielos está sostenido por columnas cada vez más perfectas. Las del fondo están construidas con simples bloques escuadrados; las de delante, ya labradas, representan a Arato, Hiparco, Copérnico y Tycho Brahe. En el pedestal hay un relieve representando la isla danesa donde estaba Uraniborg.







**Astrónomos haciendo mediciones con el astrolabio y la ballestilla (detalle de una lámina de "Harmonia Macrocosmica" de Cellari).**

los vasos de oro de los egipcios al tabernáculo que he erigido para mi Dios. Si me perdonáis, me alegraré; si me condenáis, no me importa. La suerte está echada, el libro está escrito. ¿Qué diferencia puede haber entre que se lea ahora o que lo lean las generaciones futuras? Acaso tendré que esperar un siglo para conseguir un lector; Dios ha tenido que esperar seis mil años para que un hombre llegara a comprender sus leyes".

Todavía Kepler estaba creído que era

profecía de sus leyes la fantástica relación entre los planetas y los cuerpos geométricos del *Mysterium Cosmographicum*. Disparata también comparando su descubrimiento con los vasos de los egipcios. Otra reminiscencia bíblica traída poco a propósito es la de decir que el mundo, en su tiempo, tenía sólo seis mil años. Pero el final es magnífico: de lo sublime a lo ridículo hay sólo un paso; Kepler va con un paso de lo ridículo a lo sublime, sus leyes son una intuición genial.

"Y si queréis saber el preciso momento... —dice Kepler, admirado de la sacudida con que le llegó la intuición—, si queréis saber el preciso momento en que la idea me pasó por la mente, os diré que fue el 8 de marzo de este año 1618. Primero la rechacé como falsa, porque había cometido un error en el cálculo, pero me volvió de nuevo con más fuerza el 15 de mayo, y disipé las tinieblas que oscurecían mi cerebro, hallando una exacta correspondencia entre mis leyes y los años de labor con las *Observaciones* de Brahe. Creí por algún tiempo que daba como cierto lo que no eran sino suposiciones... Pero no, el hecho es cierto...", y aquí sigue la enunciación de la tercera ley de Kepler.

El detalle de querer consignar el día y el año de la "revelación" es muy propio de un temperamento místico como el de Kepler. Los profetas hebreos ponían gran cuidado en señalar la topografía y la fecha de sus visiones. Todos los iluminados consideran sagrados el lugar y la hora en que han sentido dentro de sí la sacudida mística. Kepler quiere recordar el día en que descubrió sus leyes. Es el grito de una alma grande que ha visto por vez primera la obra de Dios en el mecanismo de los cielos. De un modo semejante recibía Pascal sus inspiraciones. El mundo parecía entrar en una época de "revelación científica". Un año más tarde que Kepler, la noche del 10 de noviembre del año 1619, Descartes, encerrado en su alcoba, tuvo una inspiración análoga a la de Kepler, la de resolver el problema del mundo con matemática universal: "Pareció que del cielo descendía el espíritu de la Verdad para enajenarme...".

La doctrina heliocéntrica de Copérnico y Kepler no triunfó sin hacer mártires. En Alemania y Polonia, donde las escuelas carecían de tradición clásica, no hubo gran oposición. Pero en Italia, donde existía ya la soberbia del conocer, porque desde hacía un siglo se leían textos griegos y latinos, y donde la Iglesia no tenía oposición organizada, tanto filósofos como teólogos se esforzaron en ahogar la nueva astronomía. El sistema de Copérnico contradecía lo que había afirmado Aristóteles y estaba en oposición con lo que se desprendía de textos del *Antiguo Testamen-*

#### EL CONCEPTO Y EL EXPERIMENTO COMO BASES PARA DOS CONCEPCIONES DISTINTAS DE LA CIENCIA Y LOS PASOS DE LA REIVINDICACIÓN DE LA EXPERIENCIA





to, como el que dice que Josué detuvo el curso del Sol.

El primero en sufrir martirio por sus exageraciones panteístas y por propagar la verdad del sistema heliocéntrico fue Giordano Bruno; este, en realidad, hombre eminente fue juzgado y condenado a morir en la hoguera, en Roma, el año 1600. "Vosotros que me condenáis —dijo Bruno a sus jueces— estáis más asustados que yo, que voy a morir." Las últimas palabras de la víctima fueron un canto de victoria: "Las edades futuras no me negarán que he vencido, porque no he tenido miedo de morir... Prefiero una muerte honrosa a una vida de cobarde".

El segundo mártir, Galileo, ya no llegó a este extremo. Se retractó, aunque para él la retractación debía de ser tan penosa como la muerte. La posteridad ha perdonado a Galileo su debilidad, aunque acaso hubo más grandeza en sobreponerse a la tentativa de vanagloria que en el deseo de martirio que había empujado a Bruno al poste de la hoguera. Pero Bruno, muriendo por principios filosóficos y matemáticos, y Galileo, viviendo para descubrirlos, son igualmente grandes.

Galileo nació en Pisa el año 1564. Empezó estudiando para médico en la universidad pisana, pero pronto su vocación por las matemáticas y la física le desvió de la medicina. Su primer descubrimiento —la ley del péndulo— lo realizó cuando sólo tenía diecisiete años. Estaba en la catedral de Pisa cuando vio que, para encender una lámpara, la retiraban hacia un lado. Al dejar de retenerla,

una vez encendida, la lámpara oscilaba como un péndulo, con movimientos que eran cada vez menores, pero de igual duración. A falta de cronómetro, Galileo midió el compás regular de las oscilaciones de la lámpara valiéndose de los latidos de su propio pulso.

El año 1586 realizó interesantes descubrimientos de hidrostática, que le dieron celebridad, y pronto fue nombrado profesor de matemáticas en la universidad de Pisa. No tenía sino veinticinco años, pero tampoco su sueldo llegaba a cien pesos al año. En Pisa continuó Galileo sus estudios sobre la caída de los cuerpos. Aristóteles había afirmado que un objeto grande cae con mayor velocidad que otro pequeño, aun siendo de la misma naturaleza. Galileo probó que este principio aristotélico era de todo punto inexacto; para ello valióse de la circunstancia de que la torre campanario de la catedral de Pisa era un cilindro enteramente vacío en su interior, e hizo caer por él dos pesos diferentes, aunque formados de la misma materia. Ambos pesos llegaron casi al mismo tiempo al fondo del pozo que formaba la torre.

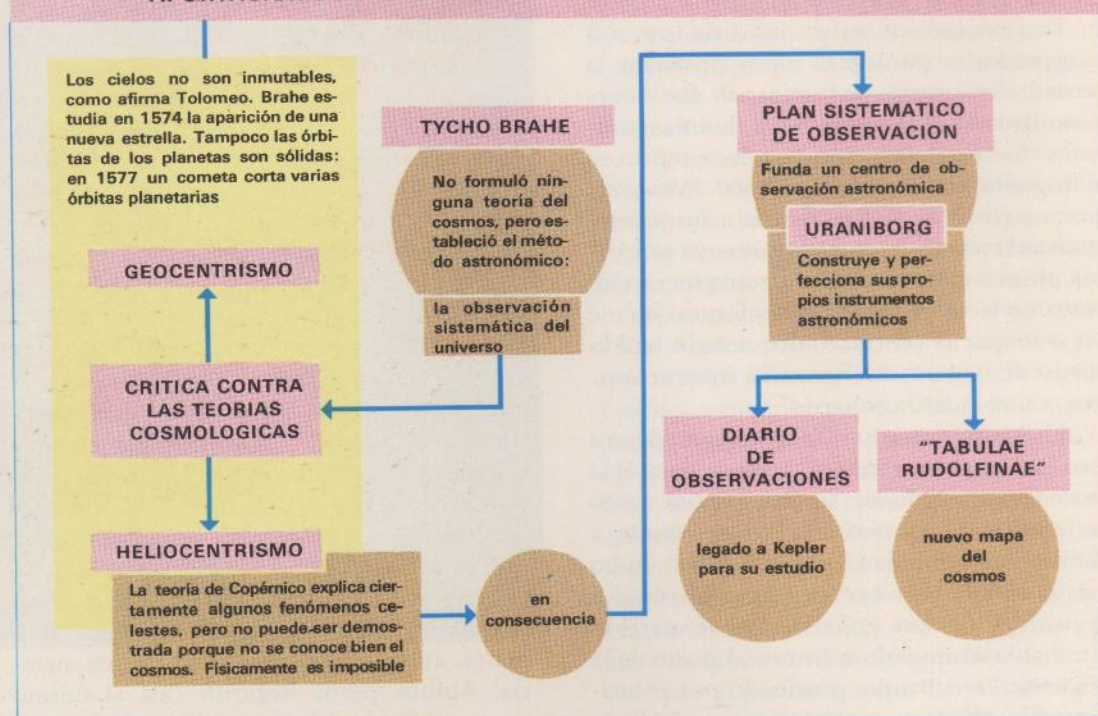
Sin embargo, no bastaba con desautorizar a Aristóteles; un espíritu como Galileo debía continuar observando la caída de los cuerpos hasta formular todas o algunas de sus leyes. Para sus observaciones se valió de una tabla inclinada en la que había dispuesto una ranura por la que descendía una bola de bronce. En ciertos sitios de la ranura Galileo había practicado agujeros por los que podía detener la bola. El tiempo empleado para llegar a estos agujeros lo medía

*Escena del juicio de Giordano Bruno en el basamento del monumento elevado en Roma a su memoria.*

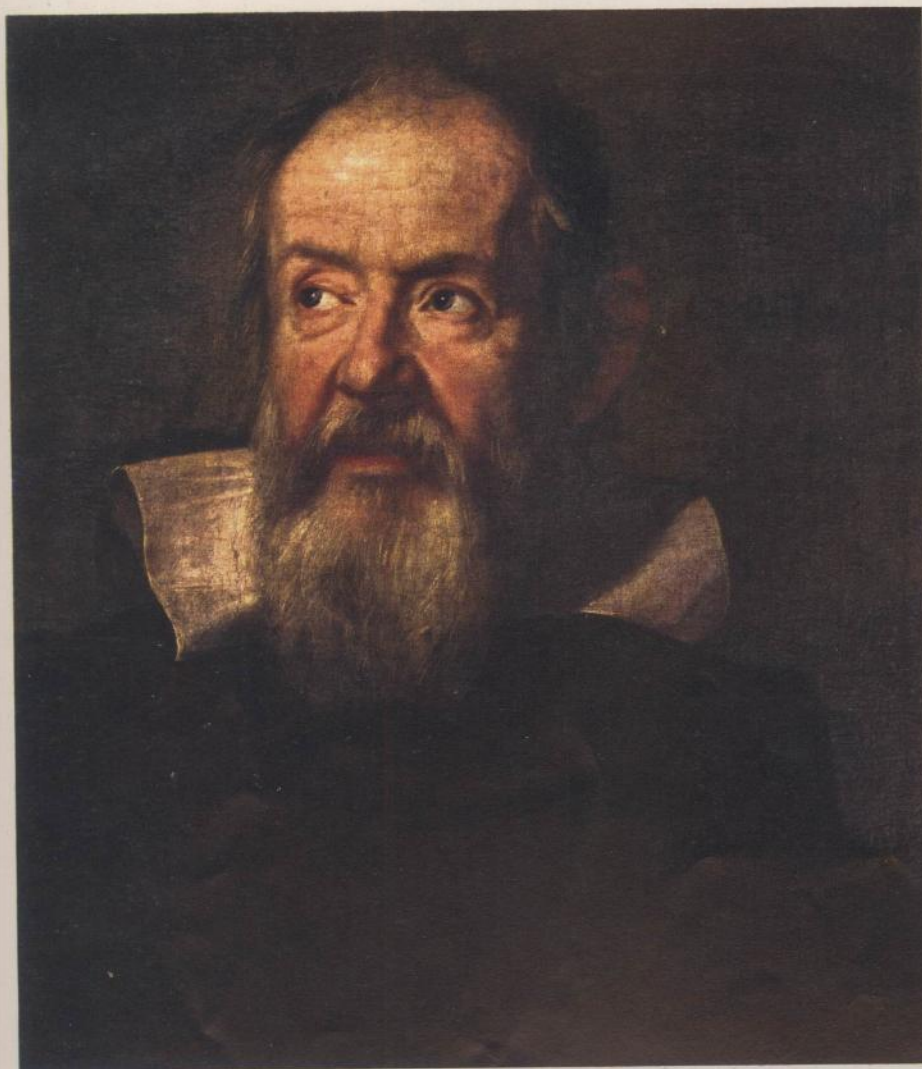




## APORTACION DE TYCHO BRAHE A LA HISTORIA DE LA ASTRONOMIA



Retrato de Galileo Galilei, iniciador y creador de la ciencia moderna (Galería de los Uffizi, Florencia).



(a falta de cronómetro) con un reloj de agua. Así pudo Galileo llegar a afirmar, primero, que la velocidad de un cuerpo al caer depende del tiempo que ha estado cayendo, esto es, que al empezar va despacio y aumenta su velocidad a cada unidad de tiempo. Y, segundo, que los espacios recorridos al caer son proporcionales a los cuadrados de los períodos de tiempo durante los cuales el cuerpo ha estado cayendo. Como se ve de estos principios, Galileo podía formular la ley de la gravedad, aunque sin darle el carácter de ley del universo, que es lo que da toda su trascendencia a la ley de la gravitación universal de Newton.

En 1592, Galileo ascendió a profesor de matemáticas de la universidad de Padua, entonces el centro científico más importante de Italia. Padua estaba dentro del territorio de la República veneciana y gozaba de una independencia ilimitada; la Inquisición nunca pudo llegar a imponerse en Venecia. Los dieciocho años que Galileo pasó en Padua, de 1592 al 1610, fueron los más felices de su vida. Explicaba sólo sesenta clases de media hora al año; todo lo demás del tiempo lo tenía libre para dedicarse a sus estudios.

En Padua, Galileo inventó o reformó el telescopio y, sobre todo, lo aplicó a observaciones estelares. En realidad, los verdaderos inventores del telescopio fueron fabricantes de lentes holandeses, pero cuando llegaron los primeros telescopios a Venecia, Galileo estaba ya construyendo el suyo, que



era más perfeccionado. El primer telescopio construido por Galileo (1609) era monocular; consistía en un tubo de 70 centímetros de longitud y 45 milímetros de diámetro. Con él se podían distinguir, desde el Campanile de Venecia, las torres de Padua, que estaban a una distancia de 35 kilómetros. Los venecianos no cesaban de maravillarse cuando descubrían los buques en el horizonte con el telescopio de su profesor de matemáticas.

Esto ocurría de día; por la noche, Galileo exploraba la bóveda celeste con su tubo milagroso y gozaba descubriendo astros que habrían escapado a la observación a simple vista. Galileo fue el primero en descubrir cuatro satélites de Júpiter que giran alrededor del planeta formando un sistema planetario en miniatura. Esto ya le pareció una confirmación del sistema de Copérnico; pero, además, con el telescopio observó las fases del planeta Venus, que tenía, como la Luna, crecientes y menguantes; al mismo tiempo vio los cráteres lunares, el anillo de Saturno y, sobre todo, las manchas del Sol.



*Plano inclinado como el empleado por Galileo para experimentar la caída de los cuerpos, que mandó construir la Real Academia de Ciencias de Barcelona a finales del siglo XVIII (Observatorio Fabra, Barcelona).*



*La torre inclinada de Pisa, de la que se sirvió Galileo para sus experimentos sobre la caída de los cuerpos graves.*





**Fachada de la universidad de Padua, donde fue profesor Galileo e inventó o reformó el telescopio.**

Muchos de aquellos descubrimientos venían a contradecir a maestros y escuelas que enseñaban todo lo contrario bajo la autoridad indiscutible de Aristóteles. Galileo no vacilaba en desafiarlos. "Sospecho—escribió en mayo de 1612— que este nuevo descubrimiento (las manchas solares) es el toque de campana para el entierro, o mejor dicho, para el juicio final de la seudofilosofía. El entierro ya lo hicimos con las manchas de la Luna, los satélites de Júpiter, de Saturno y Venus. Espero, sin embargo, ver a los peripatéticos (aristotélicos) hacer un último esfuerzo para mantener la inmutabilidad de los cielos."

De este último esfuerzo él mismo tenía que ser la víctima; los peripatéticos no lograron detener a los cielos, pero sí detuvieron a Galileo. El episodio del juicio, condena y retractación de Galileo es tan apasionante que merece que nos detengamos algo en su relato. Galileo, que había ido a Roma por unos días, en el año 1616, fue

## LOS PRIMEROS ANTEOJOS ASTRONOMICOS

Uno de los descubrimientos de mayor interés para la evolución de la ciencia, el anteojo, debió de realizarse casualmente. Los conocimientos técnicos para la construcción del mismo se conocían desde la antigüedad, pero la idea de que sólo era realidad aquello que podía ser confirmado por el sentido del tacto impidió su desarrollo. "Si no viere en sus manos la señal de los clavos y metiere mi mano en su costado, no creeré", había exclamado santo Tomás cuando le hablaron de Jesús resucitado (San Juan, 20, 25). Es decir, para autenticar el contenido de una observación visual era necesario que ésta fuera acompañada del testimonio prestado por otro sentido, como el tacto, menos susceptible de engaño. Por consiguiente, la invención del anteojo astronómico, las más de las veces llamado "telescopio", debió de ocurrir un poco por azar. El único punto de referencia seguro radica en la afirmación de Galileo en *El mensajero de los astros* (Venecia, 1610) cuando afirma: "Hace aproximadamente diez meses llegó a mis oídos la noticia de que cierto belga había construido un anteojo mediante el cual los objetos visibles, aunque distaran mucho del observador, se distinguían claramente como si estuvieran cerca; y se hablaba de ciertas experiencias que se lograron con ese admirable efecto, creídas por

unos, negadas por otros. Pocos días después, un ilustre francés, Jacques Badouvière, me confirmó lo mismo desde París por carta, lo cual fue motivo de que me consagrara íntegramente a investigar las razones y a descubrir los medios a través de los cuales llegaría a inventar un instrumento similar, lo que logré poco después basándome en la doctrina de la refracción. Primeramente preparé un tubo de plomo en cuyos extremos apliqué dos lentes, ambas planas en una de sus caras, mientras que la otra, una de las lentes era convexa y la restante cóncava. Al aplicar el ojo a la cara cóncava vi los objetos muy grandes y cercanos: aparecían tres veces más cerca y nueve veces más grandes de lo que se verían con el sentido natural de la vista...".

Galileo mejoró rápidamente este primer aparato y lo dirigió al cielo: a pesar de que era sumamente imperfecto, le permitió descubrir un mundo insospechado: las manchas de la Luna se resolvieron en montañas y mares; los cuatro primeros satélites de Júpiter, a los que llamó Mediceos, mostraron que la Tierra con la Luna no eran un caso único en el cosmos; la Vía Láctea le mostró sus millares de estrellas, confirmando las teorías expuestas por algunos astrónomos perspicaces algunos siglos antes.

La sensación de triunfo que experimen-

tó Galileo rezuma en sus propias palabras: "Sin embargo, lo que supera en mucho toda admiración, y primeramente me movió a censurar a todos los astrónomos y filósofos, es haber descubierto cuatro estrellas errantes, por nadie observadas y conocidas antes que por mí, las cuales, a semejanza de Venus y Mercurio alrededor del Sol, cumplen sus revoluciones en torno de un astro insigne entre los conocidos, al que a veces preceden y otras veces siguen, sin apartarse de él más allá de ciertos límites. Todo esto ha sido descubierto y observado con auxilio de un anteojo inventado por mí hace pocos días, con la luz de la gracia divina".

Y este descubrimiento, del que tan orgulloso está, fue una de las razones que le llevaron a impugnar el sistema tolemaico: "Tenemos un excelente y clarísimo argumento para librar de escrúpulos a quienes, con aceptar ecuanímente según el sistema de Copérnico la revolución de los planetas en torno del Sol, se ven tan perturbados por la traslación de la única Luna alrededor de la Tierra...". Evidentemente, los satélites de Júpiter probaban que la Tierra no era un caso único, sino un planeta como los demás y que, por consiguiente, nada forzaba a considerar que estaba en el centro del universo.

J. V.



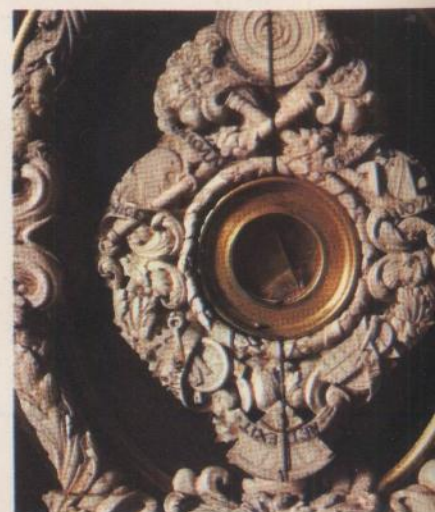
recibido con gran consideración. Nadie negaba que era el hombre de ciencia más notable de la época. El astrónomo toscano, por su parte, se creía merecedor de este triunfo, especialmente por su último libro sobre las manchas solares. Pero examinado este libro por los censores inquisitoriales, se advirtió que defendía que el Sol era el centro del universo y que, en cambio, la Tierra se movía y no era ella el centro de todo lo creado. Estas dos proposiciones fueron declaradas por la curia romana "falsas, absurdas y en parte heréticas, contradiciendo pasajes de la Escritura y las interpretaciones de los Santos Padres y teólogos".

En su virtud, Galileo fue amonestado formalmente y además, con fecha 3 de marzo del año 1616, se publicó un edicto papal anunciando *urbi et orbi* que Galileo Galilei, matemático, había sido advertido que tenía que abandonar las opiniones por él sostenidas hasta entonces, y de paso se prohibían y suspendían los escritos de Nicolás Copérnico, *Las Revoluciones del Orbe celestial*, y de Diego de Zúñiga, *Sobre el Libro de Job...* Es sumamente interesante para la gente hispánica encontrar al lado de Copérnico, y en el documento inicial del proceso contra Galileo, el nombre del ilustre profesor de Salamanca Diego de Zúñiga, *copernicano*.

Galileo, después de este accidentado viaje a Roma en 1616, regresó a Florencia y allí continuó sus investigaciones, disfrutando de una espléndida pensión del duque de Toscana. Nadie le hubiera molestado si no se hubiese lanzado, en 1632, a publicar unos *Diálogos del sistema del Mundo*, en que de nuevo discutía los méritos relativos del sistema de Tolomeo, geocéntrico, y del sistema de Copérnico, heliocéntrico. Los interlocutores son tres: Salviati, un amigo florentino de Galileo, el más copernicano de ellos; Sagredo, otro amigo de Galileo, veneciano, que pretende demostrar los puntos flacos de cada sistema, y, por fin, un personaje imaginario llamado Simplicio, francamente aristotélico y defensor de Tolomeo. Es probable que, malicioso como buen florentino, Galileo se regocijara con que el aristotélico fuese Simplicio, pero esta malicia se disfrazaba porque hubo un comentarista de este nombre, en el siglo VI, cuyo libro se "leía" todavía en las aulas.

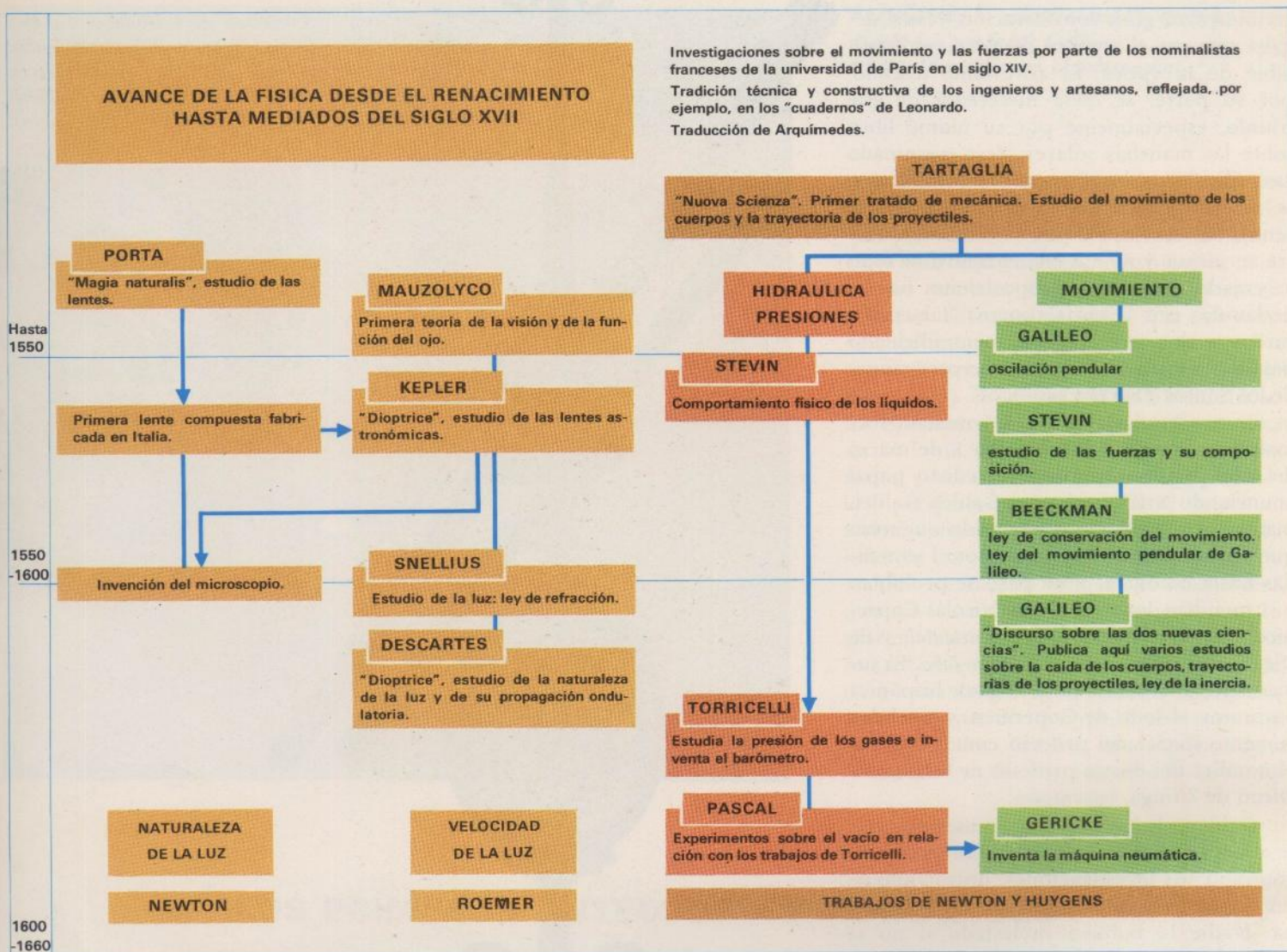
Los tres personajes aparecen retratados en la portada y Simplicio semeja un testarudo vejestorio que se pensó era caricatura del papa. Galileo pretendió en el prólogo que la intención de sus *Diálogos* estaba en armonía con el decreto de 1616, que quería evitar "el peligroso escándalo de la edad presente con la opinión *pitagórica* del movimiento de la Tierra, etc.". El libro, escrito en italiano y

*Anteojo de Galileo, con el que efectuó sus descubrimientos astronómicos, y detalle de su parte central (Museo de Ciencia y Técnica de Florencia).*



*Portada de la primera edición de los "Diálogos" de Galileo, con las figuras de Salviati, Sagredo y Simplicio.*





lento de amenidad, se leyó con furor. Un censor incauto había sido lo bastante inocente para conceder el *Imprimatur*, y Galileo se creía al abrigo de toda persecución. Era no sólo admirado, sino muy querido por la corte de Toscana.

Sin embargo, la Inquisición le llamó a Roma y no valieron excusas, protección, vejez ni enfermedades; Galileo tuvo que comparecer en persona delante del terrible tribunal. Se le trató con humanidad; durante su detención residió en la embajada florentina de Roma, y luego en las estancias más confortables del palacio del Santo Oficio. La sentencia, con fecha de 22 de junio del año 1633, firmada por diez cardenales, está redactada en los siguientes términos:

"Considerando que vos, Galileo Galilei, de setenta años de edad, habíais sido denunciado a este Santo Oficio por defender como verdadera una doctrina falsa, a saber, que el Sol está quieto en el centro del mundo, y la Tierra se mueve..., etc. Considerando que ya habíais sido amonestado y advertido el mes

de febrero de 1616, etc. Considerando que se ha publicado un libro, en Florencia, del que sois autor, cuyo título es: *Diálogo de Galileo Galilei sobre los dos Sistemas principales del Mundo, el Ptolemaico y el Copernicano...*, donde tratáis con circunloquios de hacer entender que vos creéis probable lo que es contrario a las Sagradas Escrituras (*el sistema de Copérnico*), etc.

"... Pronunciamos, juzgamos y declaramos que vos, el susodicho Galileo, os habéis hecho sospechoso de herejía creyendo y manteniendo la doctrina falsa y contraria a las Santas Escrituras que el Sol es el centro del mundo, que no se mueve de Este a Oeste, que la Tierra se mueve y que no es el centro del mundo... Es nuestro deseo el absolveros si, con corazón contrito y sin reservas, en nuestra presencia abjuráis los antedichos errores y herejías, y todos los otros errores y herejías contrarios a la Católica y Apostólica Iglesia Romana en la forma que se os dirá..."

El texto de la retractación de Galileo dice: "Yo, Galileo Galilei, florentino, de





*Vista de Florencia atravesada por el río Arno, donde Galileo continuó sus investigaciones pensionado por el gran duque de Toscana.*

## CATALOGOS DE ESTRELLAS

Durante siglos, la humanidad había estado reducida a conocer las estrellas del cielo a través de un inventario o catálogo único: el de Tolomeo. Este, que había recogido y ampliado las observaciones realizadas por Hiparco, describió un total de 1.028 estrellas. La nomenclatura de las mismas era sumamente gráfica, indicando su localización dentro de la figura ideal de la respectiva constelación. Así, por ejemplo, "la que está en la cola de la Osa Mayor" o "la del extremo del ala derecha del Aguila", etc. Una sucinta indicación de la magnitud (con frecuencia no muy exacta), así como las coordenadas, terminaban por individualizar el astro, que sólo en casos muy contados recibía un nombre propio. El catálogo tolemaico no contenía, evidentemente, todas las estrellas observables a simple vista, y los medievales, basados en él, no lo ampliaron. Fue el uso del anteojo el que forzó a estudiar, si más no, nuevos sistemas de nomenclatura. En este aspecto, Bayer, a principios del siglo XVII, designó las estrellas más importantes de cada

constelación con las letras del alfabeto griego, indicando la sucesión de éstas el orden relativo de brillo dentro de la misma constelación de un modo sólo aproximado. Y cuando las letras griegas no eran suficientes, seguía con las del alfabeto latino.

Cuando Flamsteed (1712) utilizó el anteojo con el mismo fin, el número de estrellas aumentó vertiginosamente. Y su catálogo, con 2.866, abrió nuevos derroteros en este campo y pronto el número de astros inventariados alcanzó cifras del orden de varios centenares de miles (Lalande, 47.390; Argelander, 324.000) y dio origen al descubrimiento de "nuevos" objetos, hasta entonces insospechados, que obligaron a componer catálogos especializados como son los de las estrellas variables, estrellas dobles, nebulosas, etc.

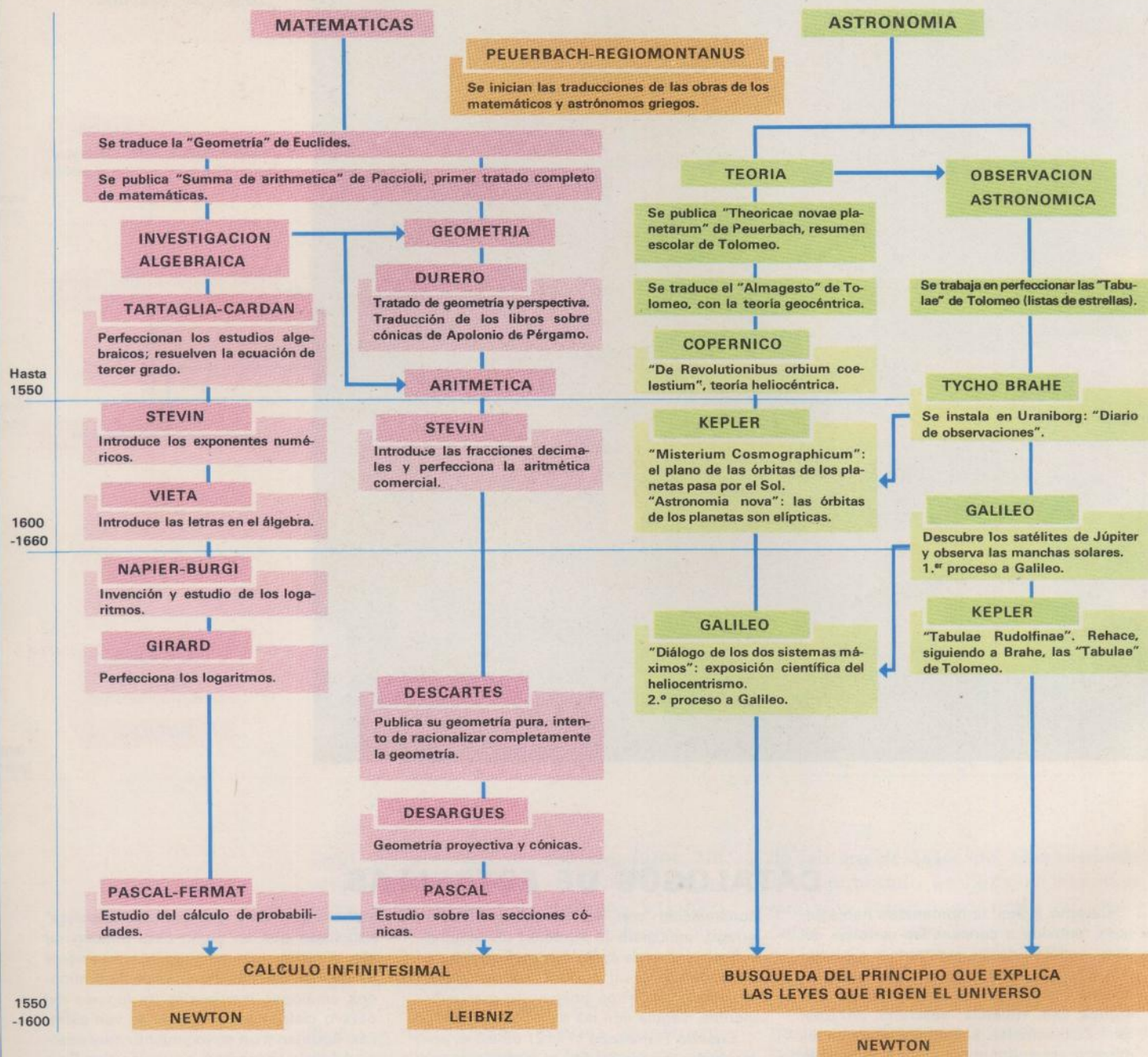
Estos últimos objetos habían sido más o menos conocidos en la antigüedad —por ejemplo, la nebulosa de Andrómeda está en los límites del campo visual de una persona con vista normal— y en los textos de aquel entonces aparecen unas cuantas

mentiones —muy pocas— de "estrellas" nebulosas que en algún caso pueden ser identificadas hoy con objetos realmente existentes. Es más, las citas de determinados catálogos medievales de lugares del octavo cielo, en los que no se ven estrellas, apuntan a un conocimiento muy exacto del cielo observable a simple vista. Pero en este caso, como en el de las estrellas propiamente dichas, es el anteojo el que trastruca las concepciones tradicionales: tras las nebulosas de Orión y Andrómeda se descubren (descritas con cierto detalle en 1610 y 1612 por Peiresc y Simon Marius, respectivamente) otras muchas, que ya en 1771 permiten al astrónomo francés Carlos Messier establecer un primer catálogo de 103 objetos (conglomerados estelares y nebulosas) que aun hoy es de uso frecuente, a pesar del inmenso avance experimentado por estos estudios tras las observaciones realizadas por Herschel.

J. V.



# AVANCE DE LAS MATEMATICAS Y LA ASTRONOMIA DESDE EL RENACIMIENTO HASTA MEDIADOS DEL SIGLO XVII



setenta años de edad, arrodillado delante de vosotros, Muy Eminentes y Reverentes Cardenales Inquisidores de la Universal República Cristiana, teniendo delante de mis ojos los Evangelios, que toco con mis manos, juro que siempre he creído, y con la ayuda de Dios creeré siempre, todo lo que la Santa Iglesia Católica, Apostólica, Romana, sostiene, enseña y predica. Pero como este Santo Oficio ha recomendado que abandone la falsa opinión de que el Sol está en el centro e in-

móvil..., abjuro, maldigo y detesto los tales errores y herejías, y juro que nunca, en el futuro, diré ni escribiré nada de ellos, y que si conozco algún hereje le denunciaré a este Santo Oficio", etc.

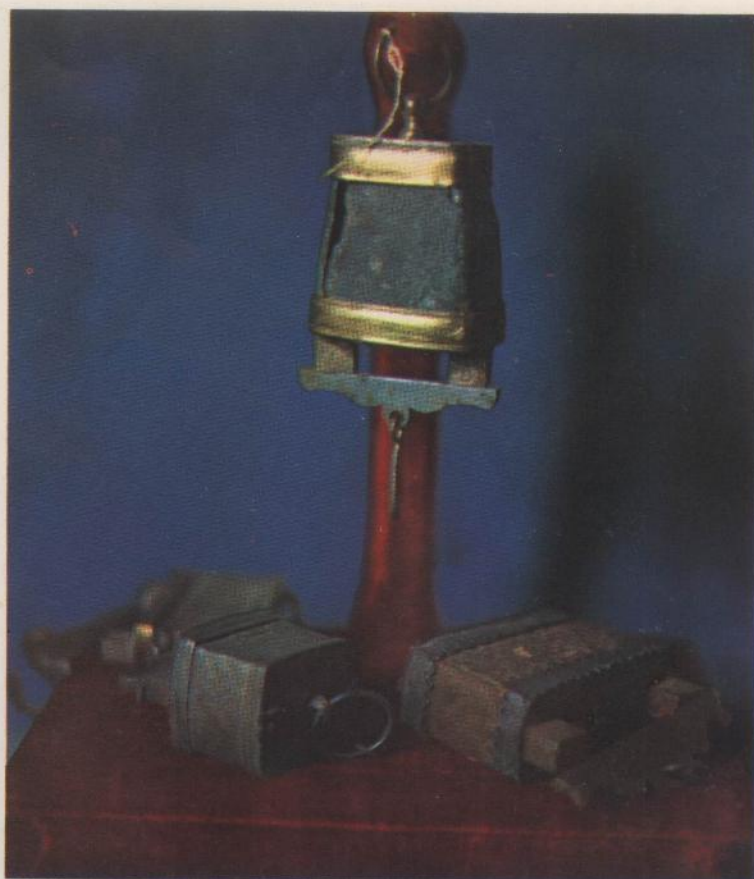
¡Pobre Galileo!... Tenía setenta años y era florentino, no de la madera nórdica de que estaba hecho un Giordano Bruno.

Se cuenta (aunque es seguramente una leyenda) que la retractación de Galileo fue desmentida por él mismo en el acto, con re-



serva mental, y que dando con el pie un golpe en el suelo, exclamó en voz baja: "Eppur si muove" (no obstante, se mueve).

El proceso y la retractación de Galileo han sido un apasionante asunto de discusión entre eclesiásticos y seculares. La Iglesia ha pretendido defenderse permitiendo la publicidad de las cartas del tribunal, que en este caso no revelan extrema crueldad. Además se ha recordado que no fue la Iglesia quien erró al combatir el sistema copernicano, sino uno de sus órganos de gobierno —la Inquisición—, y que ésta puede errar y de hecho erró en otras ocasiones. Pero el proceso de Galileo manifiesta por lo menos la resistencia romana a aceptar lo que no es avalado por una tradición secular. Galileo, regresado a Toscana, fue mantenido bajo estricta vigilancia, primero en Siena, después en una residencia que le procuró el gran duque en Torre di Gallo. Allí todavía escribió su último tratado sobre la resistencia de los sólidos. Fatigado y enfermo, continuó trabajando en sus tablas de los satélites de Júpiter hasta que perdió la vista a los setenta y cuatro años. Ocurrió su fallecimiento poco después, en 1642, el mismo año en que nacía Isaac Newton.



*Imanes con los que trabajó Galileo (Museo de Ciencia y Técnica de Florencia).*

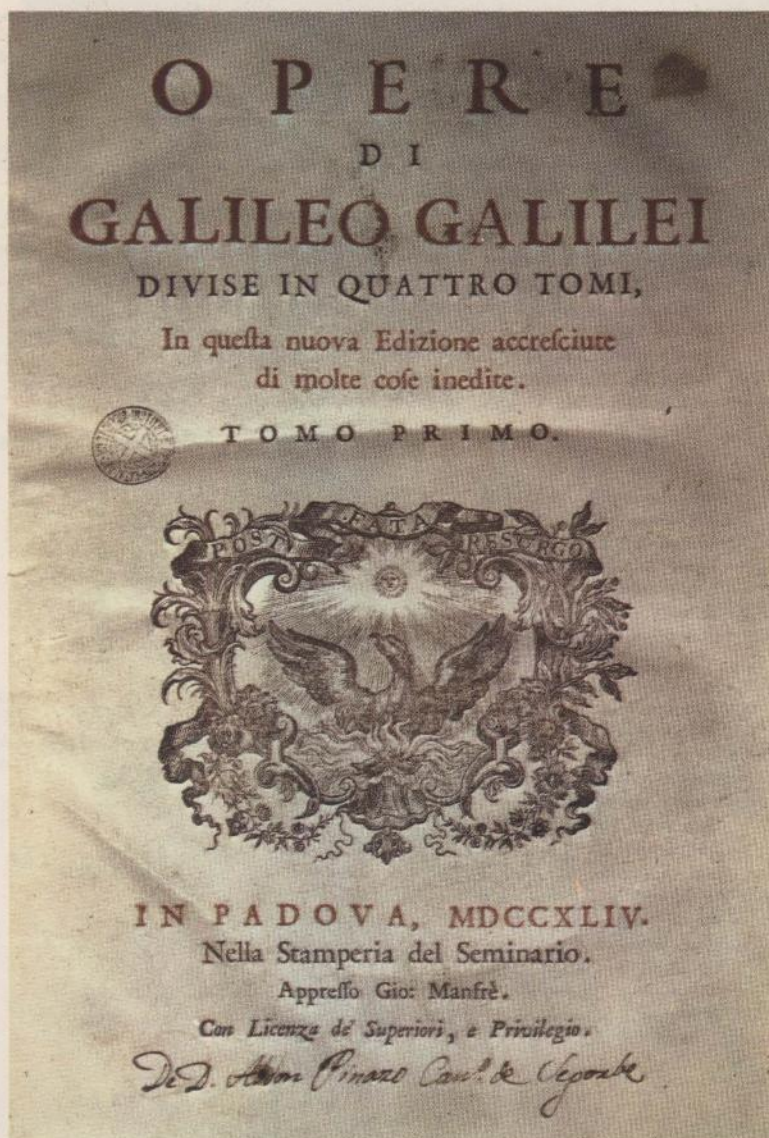


*La Torre di Gallo, posesión del gran duque de Toscana en donde vivió Galileo después de su proceso por la Inquisición.*



## BIBLIOGRAFIA

Bigourdan, G.	<i>L'astronomie, évolution des idées et des méthodes</i> , París, 1911.
Caspar, Max	<i>J. Keppler</i> , Stuttgart, 1948.
Duhem, P.	<i>Le système du monde</i> , París, 1956.
Gad, John A.	<i>The life and times of Tycho-Brahé</i> , Nueva York, 1947.
Koyré, A.	<i>Études galiléennes</i> , París, 1939. — <i>La révolution astronomique. Copernic, Kepler, Borelli</i> , París, 1961.
Sayili, A.	<i>The observatory in Islam and its place in the general history of the observatory</i> , Ankara, 1960.



Portada del tomo primero de la edición de 1744 de las "Obras" de Galileo (Biblioteca Central, Barcelona).